

УДК 612.821.7:616.8-009.836(211-13)

А.В. Шило^{1*}, Д.Г. Луценко¹, Е.Л. Луценко²,
Г.А. Бабийчук¹, Е.В. Моисеенко^{3,4}

Сон в Антарктиде: от проблем с засыпанием до понимания проблем

UDC 612.821.7:616.8-009.836(211-13)

O.V. Shylo^{1*}, D.G. Lutsenko¹, O.L. Lutsenko²,
G.O. Babychuk¹, Ye.V. Moiseyenko^{3,4}

Sleep in Antarctica: from the Sleep Disturbances Towards All the Challenges

Реферат: С первых экспедиций адаптация их участников к суровым условиям Антарктиды сопровождалась жалобами на нарушения сна. В ходе длительного пребывания на континенте полярники подвергаются воздействию большого количества экстремальных факторов окружающей среды как на станции, так и вне ее пределов, но основными физическими причинами, вызывающими нарушения сна, принято считать особенности освещенности и фотопериода. В последнее время более пристальное внимание уделяется выяснению роли психологической адаптации к условиям Антарктиды с учетом жизни в малой группе и замкнутом пространстве. Существующие методы противодействия нарушениям сна, в первую очередь, включают манипулирование параметрами освещенности, графиком работы и отдыха. Тщательный предварительный отбор участников для создания необходимого психологического климата, учет гендерных и мультикультурных особенностей адаптации также можно рассматривать с позиции превентивных мер. При этом изучению роли «неосновных» факторов (хронотип, личностные черты и особенности персональной адаптации к экстремальным условиям Антарктиды), а также вынужденного контакта с холодом, влияющих на сон, уделяется незначительное внимание.

Ключевые слова: Антарктида, сон, нарушения сна, циркадный ритм, низкие температуры.

Реферат: З перших експедицій адаптація їх учасників до суворих умов Антарктиди супроводжувалась скаргами на порушення сну. Протягом тривалого перебування на континенті полярники піддаються впливу великої кількості екстремальних факторів оточуючого середовища як в умовах станції, так і за її межами, але основними фізичними чинниками, які призводять до порушення сну, прийнято вважати особливості освітленості і фотоперіоду. Останнім часом більш пристальна увага приділяється вивченню ролі психологічної адаптації до умов Антарктиди з урахуванням перебування в умовах малої групи і замкнутого середовища. Існуючі методи протидії порушенням сну, в першу чергу включають маніпулювання параметрами освітленості, графіком роботи та відпочинку. Ретельний попередній відбір учасників для створення необхідного психологічного клімату, врахування гендерних і мультикультурних особливостей адаптації також можна розглядати з позиції превентивних мір. При цьому вивченню ролі «неосновних» факторів (хронотип, особистісні риси і особливості персональної адаптації до екстремальних умов Антарктиди), а також вимушеного контакту з холодом, які впливають на сон, не приділяється значної уваги.

Ключові слова: Антарктида, сон, порушення сну, циркадний ритм, низькі температури

Abstract: From the first expeditions, adaptation to the harsh environment of Antarctica, the expeditionists complained of a trouble sleeping. During a long stay on the continent, the polar explorers are exposed to a large number of extreme environmental factors both at the station and outside it, but the main physical factors of sleep disturbances are considered to be the peculiarities of light and photoperiod. Recently, more attention has been paid to clarifying the role of psychological adaptation to the Antarctica conditions, regarding the living in a small group and confined space. Existing methods to prevent the sleep disorders, first of all, comprise the manipulating with light parameters, activity and rest schedules. A thorough preliminary selection of expeditionists to establish the necessary psychological climate, thinking about gender and multicultural characteristics of adaptation can also be considered with the perspective of preventive measures. At the same time, little attention is paid to the investigation of the role of 'non-core' factors (chronotype, personality traits and features of personal adaptation to the extreme environment of Antarctica), as well as forced contact with cold, affecting sleep.

Key words: Antarctica, sleep, sleep disturbances, circadian rhythm, low temperatures.

¹Відділ кріофізіології, Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України, м. Харків, Україна

²Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна

³ДУ Національний антарктичний науковий центр МОН України, м. Київ, Україна

⁴Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, м. Київ, Україна

¹Department of Cryophysiology, Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

²V.N.Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

³State Institution National Antarctic Scientific Center of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine

⁴Bogomoletz Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

***Автор, якому необхідно надсилати кореспонденцію:**

вул. Переяславська, 23, м. Харків, Україна 61016;
тел.: (+38 057) 373-74-35, факс: (+38 057) 373-59-52
електронна пошта: alexander.shilo@cryo.org.ua

Надійшла
Прийнята до друку

***To whom correspondence should be addressed:**

23, Pereyaslavska str., Kharkiv, Ukraine 61016;
tel.: +380 57 373 7435, fax: +380 57 373 5952
e-mail: alexander.shilo@cryo.org.ua

Received
Accepted

Первого июня 1898 г. врач первой бельгийской антарктической экспедиции Фредерик Альберт Кук, находясь на затертом во льдах далеко за полярным южным кругом корабле «Belgica» в море Беллинсгаузена, написал в своем дневнике: «В начале ночи практически невозможно уснуть, если мы пили кофе, то не спали совсем. Когда же мы погружались в сон, то он был такой глубокий, что нас с трудом можно было разбудить» [19].

С тех пор трудности с засыпанием, задержка наступления сна, снижение его эффективности и уменьшение длительности, а также недостаток восстановительной функции сна [8, 33, 46, 58, 70], остаются основными жалобами на здоровье у антарктических зимовщиков и после окончания «героического века».

В ходе пребывания в антарктических экспедициях, зимовщики подвергаются воздействию комбинации факторов, включающую колебания метеорологических условий [2, 3, 42], высокую звуковую нагрузку [2, 3, 42], инверсию сезона и сдвиг часового пояса [8, 9], особенности фотопериода и спектрального состава света в зимний/летний сезон [8, 9, 49, 58], повышенную УФ-нагрузку в период «открытия озоновой дыры» [42], относительно низкую физическую активность [2, 3, 42], социальную изоляцию в ограниченном жизненном пространстве [33, 55, 70], сенсорную и сексуальную депривации [33, 55, 70], а в ряде случаев и ненормированный график работы на протяжении разных интервалов времени [2, 3, 8, 9, 33, 42, 52, 58, 70]. Каждый из перечисленных факторов отдельно может влиять на сон и циркадные ритмы организма, что в свою очередь, может негативно отразиться на физическом и психическом состоянии полярников, производительности их труда и адаптации организма в целом.

Существует мнение, что при соответствующем медицинском и психологическом отборе участников в антарктические экспедиции [15] и соблюдении разумно обоснованного распорядка дня [12, 39, 68] на современных комфортабельных станциях нарушения сна не должны являться общей чертой полярных экспедиций. Однако М. Zimmer и соавт. в обзоре [70] отметили, что, несмотря на значительные улучшение условий жизни и работы на антарктических станциях в последние годы, нарушения сна у зимовщиков остаются наиболее распространенной жалобой и отмечаются в 40,9% исследований.

Изменения сна в Антарктиде. Первое полиграфическое исследование сна [45], проведенное в 1967 г. на станции Amundsen-Scott, располо-

On June 1st, 1898, the physician of the first Belgian Antarctic expedition, Frederick Albert Cook, being in the Bellingshausen Sea on the Belgica ship, ice-bound far beyond the southern Antarctic circle, wrote in his diary: During the early part of the night it is next to impossible to go to sleep, and if we did drink coffee we do not sleep at all. When we do sink into a slumber, it is so deep that we are not easily awakened [15].

Since then, difficulties with falling asleep, delaying the onset of sleep, reducing the duration of sleep and reducing its effectiveness, as well as the lack of restorative function of sleep [4, 29, 44, 57, 70], remain the main health complaints from Antarctic winterers even after the end of the Heroic Age of Antarctic exploration.

During their living in Antarctic expeditions, the wintering crew members are exposed to a combination of factors, including fluctuations in meteorological conditions [38–40], high sound load [38–40], season inversion and jet lag [4, 5], the features of photoperiod and spectral composition of light in the winter / summer season [4, 5, 47, 57], increased UV load during the ‘the ozone hole opening’ [39], relatively low physical activity [38–40], social isolation in a confined living space [29, 53, 70], sensory and sexual deprivation [30, 53, 70], and in some cases an irregular work schedule over different time intervals [4, 5, 29, 38–40, 50, 57, 70]. Each of these factors can solely affect sleep and circadian rhythms of a body, which in turn can negatively affect the physical and mental state of polar explorers, their productivity and adaptation as a whole.

There exists the opinion that with appropriate medical and psychological selection of the participants for Antarctic expeditions [11] and following a reasonable daily routine [8, 35, 68] at modern comfortable stations, sleep disturbances should not be common feature of polar expeditions. However, M. Zimmer *et al.* in a review [70] noted that, despite significant improvements in living and working conditions at Antarctic stations recently, the sleep disturbances among winterers remain the most common complaint and are reported in 40.9% of studies.

Changes in Sleep Patterns in Antarctica. The first polygraphic study of sleep [43], performed in 1967 at the Amundsen-Scott station, seated at a 2,835 meters above sea level, demonstrated that although the total sleep time (TST) did not change, there was a delayed sleep onset, the proportion of paradoxical sleep (PS) decreased, and the 4th stage of slow-wave sleep (SWS) virtually



женной на высоте 2835 м над уровнем моря показало, что, хотя общее время сна (ОВС) не изменялось, время отхода ко сну смещалось на более позднее, уменьшалась доля парадоксального сна (ПС), а 4-я стадия медленноволнового сна (МВС) практически исчезала. При этом уровень МВС не достигал исходных значений даже через 6 месяцев после возвращения на Большую Землю, что, по мнению авторов, может быть связано с действием хронической гипобарической гипоксии.

Однако, Р. Anderson и соавт. [7] показали, что после перелета сезонных работников со станции McMurdo (уровень моря) на станцию Amundsen-Scott (высокогорье) эффективность сна, а также процент бодрствования, поверхностного и глубокого МВС и ПС на третий день пребывания на высокогорье значимо не отличались между выделенными группами с развитием и без развития острой горной болезни, хотя субъективное ухудшение сна отмечалось в обеих группах.

Полисомнографическое исследование на станции Concordia (3233 м над уровнем моря) [39, 60] установило увеличение латентности наступления сна и количества обструктивных респираторных событий во сне. Проявление последних, имело индивидуальные особенности и оставалось стабильным на протяжении всего пребывания в Антарктиде. Несмотря на выраженное индивидуальное различие в уязвимости к нарушениям дыхания, у большинства участников на протяжении всего периода пребывания во время сна превалировало периодическое дыхание, количественные показатели которого не снижались к окончанию зимовки [60]. Считается, что существует тесная корреляция между периодическим дыханием во сне и количеством индексов пробуждения [57], увеличение которых может нарушать качество сна, однако ОВС значимо не изменялось и даже имело тенденцию к увеличению с «максимумом» поздней зимой.

Следует отметить, что абсолютное большинство антарктических станций расположено на уровне моря, поэтому, не подвергая сомнению роль гипобарии и гипоксии в развитии возможных нарушений сна, внимание большинства исследователей было акцентировано на поиск других факторов, влияющих на эти процессы.

Исследования на антарктической станции Halley показали, что выраженное снижение доли МВС начиналось зимой и продолжалось до лета, без пика в сентябре (весеннее равноденствие). И хотя субъективные отчеты о состоянии сна были положительными (сон регистрировался в привычных для участников условиях – каждый испытуемый спал в собственной кровати), доля

disappeared. At the same time, the level of SWS did not reach the initial values even 6 months after returning to the mainland, which, as reported, was owing to chronic hypobaric hypoxia.

However, R. Anderson *et al.* [3] showed that after the seasonal workers travelled from the McMurdo station (sea level) to the Amundsen-Scott station (highlands), the sleep efficiency, as well as the percentage of wakefulness, light and deep SWS as well as PS on the third day of stay in the highlands differed between the selected groups with and without the development of acute mountain sickness, although subjective sleep impairment was noted in both groups.

A polysomnographic study at the Concordia station (3,233 m above sea level) [35, 59] found an increased latency of sleep onset and the number of obstructive respiratory events. The manifestation of the latter had individual characteristics and remained stable throughout the stay in Antarctica. Despite a pronounced individual difference in vulnerability to respiratory disturbances, the periodic respiration prevailed in the majority of participants when sleeping, the counts of which did not decrease by the end of wintering [59]. It is believed that there is a close correlation between periodic breathing in sleep and the number of awakening indices [36], an increase in which may impair the sleep quality, but TST did not significantly change and even tended to increase with a 'maximum' in late winter.

It should be noted that the vast majority of Antarctic stations are located at sea level, therefore, without questioning the role hypobaric and hypoxia in the development of possible sleep disorders, the attention of most researchers was focused on the search for other factors affecting these processes.

Studies at the Halley station demonstrated that a pronounced decrease in the SWS proportion started in winter and continued until the summer, without any peak in September (spring equinox). And although the subjective reports on the state of sleep were positive (sleep was recorded in familiar conditions for the participants, *i. e.* each subject slept in his own bed), the SWS proportion reduced with a rise in its 2nd stage. In summer, there was an increase in TST and the number of PS [46].

Polysomnographic studies at the Maitri station in winter months showed a decrease in TST for polar explorers; increase in sleep onset latency and amount of wakefulness after the onset of sleep; decreased sleep efficiency; a pronounced reduction in the duration of the 3rd and 4th stages of

МВС уменьшался при увеличении его 2-й стадии. В летнее время отмечалось увеличение ОВС и количества ПС [48].

При полисомнографическом исследовании на станции Maitri во время зимних месяцев у полярников отмечалось уменьшение ОВС; увеличение латентности наступления сна и количества бодрствования после начала сна; снижение эффективности сна; выраженное сокращение длительности 3- и 4-й стадий МВС и увеличение 1- и 2-й стадий, а также представленности ПС [11, 12]. Авторы полагают, что основными факторами, вызывающими изменение МВС и ПС, являются снижение физической активности и повышение сенсорной информационной нагрузки перед сном (просмотр кинофильмов, чтение, разнообразные игры и т.д.), соответственно.

Однако A. Buguet и соавт. [15] при полисомнографическом исследовании полярников на станции Dumont d'Urville выявили тенденцию на протяжении зимовки к увеличению количества дельта-сна на фоне уменьшения длительности 1- и 2-й стадий МВС. При этом отсутствовали значимые изменения продолжительности ПС, а его латентность, хотя и была в пределах нормы, имела индивидуальные особенности распределения. Кроме того, только у одного (наименее адаптированного участника) время сна сокращалось на протяжении зимовки. Авторы предполагают [15], поскольку все участники спали в своих собственных отсеках, ни «эффекта первой ночи», ни «полярной инсомнии», ни каких-либо связей между изменениями паттерна сна и метеорологическими условиями обнаружено не было, и, несмотря на вариации времени сна на протяжении зимовки, зимовщики не страдали от недостатка сна.

Тем не менее, проведенные недавно во время зимовки на антарктической станции Belgrano II исследования выявили уменьшение длительности сна зимой (июль, полярная ночь) в среднем на час по сравнению с мартом и ноябрем при незначимой задержке времени наступления сна. При этом у восьми из 12 зимовщиков (на основании данных актиграфов и опросников) во все периоды наблюдения отмечался минимум один эпизод дневного сна в неделю, наступление которого задерживалось зимой, длительность возрастала, а эффективность повышалась. Авторы полагают, что увеличение длительности дневного сна может указывать на рост давления сна. Вопрос о том является ли увеличение длительности дневного сна следствием укорочения ночного или наоборот, остается невыясненным, но практику дневного сна, по мнению авторов, следует рассма-

тывать SWS and an increase in the 1st and 2nd stages, as well as the PS presence [7, 8]. The authors suggest that the main factors causing a change in SWS and PS are the reduced physical activity and an increased load of sensory information before bedtime (watching movies, reading, various games, etc.), respectively.

However, A. Buguet *et al.* [11] during a polysomnographic study of polar explorers at the Dumont d'Urville station revealed a tendency during winter to an increased delta sleep against the background of a reduced duration of the 1st and 2nd SWS stages. At the same time, there were no strong changes in the PS duration and although its latency was within the normal range, as well it had individual distribution features. In addition, only in one individual (least adapted participant) the sleep time was reduced during the winter. The authors suggest [11] that since all the participants slept in their own compartments, neither the 'first night effect', nor 'polar insomnia', nor any connection between changes in the sleep pattern and meteorological conditions were found, and despite the variations in sleep time over wintering, the winterers did not suffer from the sleep lack.

However, the recent studies during the wintering at the Belgrano II Station revealed a decrease in average sleep time in winter (July, polar night) by an hour if compared to March and November with a slight delay in the sleep onset time. At the same time, eight of 12 winterers (based on actigraphs and questionnaires data) during all the periods of observation had at least one episode of daytime sleep per week, the onset of which was delayed in winter, the duration and efficiency increased. The authors believe that an increase in daytime sleep may indicate a rise in sleep pressure. The question of whether the increased duration of nap is a consequence of shortening nighttime or vice versa remains unclear, but the practice of daytime sleep, as authors described, should be considered as an important factor in planning the organized activity of multicultural teams at the station [20].

When comparing the sleep parameters of the participants of the Japanese Antarctic expedition (Syowa station) and residents of the Japanese city of Kofu, it was revealed that in the first case, there was a delayed sleep onset time in winter and phase advance in summer, independently of age and gender. In winter, the average number of sleep episodes increased and synchronization with a 24-hour period became more complicated [60].



тривать в качестве важного фактора при планировании организованной активности мультикультурных команд на станции [24].

При сравнении параметров сна у участников японской антарктической экспедиции (станция Syowa) и жителей японского города Кофу выявлено, что у первых начало наступления сна зимой смещалось на более позднее, а летом – на более раннее время, которое не зависело от возраста и пола. Зимой увеличивалось среднее количество эпизодов сна и усложнялась синхронизация с 24-часовым периодом [61].

Р. Gander и соавт. [26] на основании анализа актиграфических данных установили, что после прибытия в Антарктиду летом у 2/3 участников ухудшался сон, а сложности с пробуждением испытывали все. Наиболее опытный зимовщик (летом в период постоянного освещения) приспосабливался к ритму сна легче, а самые большие сложности отмечались у участника с наиболее задержанным циркадным ритмом. При этом ритм температуры тела, активности и частоты сердечных сокращений задерживались на два часа по отношению ко времени наступления сна (по времени Новой Зеландии).

W. Weymouth и соавт. [66] при исследовании сна с помощью актиграфов у студентов-волонтеров, прибывших в Антарктику и проведших 7 ночей в полевом лагере в районе Windless Bight, к своему удивлению не обнаружили связи между условиями пребывания и нарушениями сна: количество нарушений сна не возрастало по сравнению с контрольными значениями, ОВС значимо не отличалось от предэкспедиционного, субъективная оценка качества сна также оставалась без изменений. Предполагается, что полярные условия в период антарктического лета, по крайней мере у студентов, не вызывали серьезных нарушений сна в виду того, что он мог измениться в период подготовки к путешествию и оставался таким в полевых условиях или не пострадал вследствие выраженной двигательной активности участников и любое уменьшение сна, вызываемое необычным фотопериодом, было сведено на нет повышенной потребностью в отдыхе.

М. Steinach и соавт. [58] показали, что изменения сна, оцененные с помощью актиграфов, при пребывании на станциях Neumayer II и III имели выраженные гендерные различия: у женщин по сравнению с мужчинами увеличивались время нахождения в постели и длительность сна, число пробуждений и латентность наступления сна. При уменьшении времени солнечного освещения увеличивалась длительность пребывания в

Р. Gander *et al.* [22] based on an analysis of actigraphic data established that after arriving to Antarctica in summer, 2/3 of the participants had worse sleep, and everyone experienced difficulties with awakening. The most experienced winterer (in summer during constant light) adapted to the rhythm of sleep more easily, and the greatest difficulties were noted in the subject with the most delayed circadian rhythm. At the same time, the rhythm of body temperature, activity and heart rate was delayed by two hours relative to the time of sleep (by New Zealand time).

W. Weymouth *et al.* [66] while investigating sleep using actigraphs, the volunteer students who arrived to Antarctica and spent 7 nights in a field camp in the Windless Bight area, to their surprise, did not find any connection between the living conditions and sleep disturbances: the number of sleep disturbances did not increase compared with control values, the TST did not significantly differ from the pre-expedition one, a subjective assessment of sleep quality also remained unchanged. It is assumed that the polar conditions during the Antarctic summer, at least among students, did not cause serious sleep disturbances, since it could alter during the preparation for the trip and remained so in the field or did not suffer as a result of the pronounced physical activity of the participants and any the decrease in sleep caused by unusual photoperiod was negated by the increased need to rest.

М. Steinach *et al.* [57] reported that sleep changes, evaluated using actigraphs, when staying at the Neumayer II and III stations had pronounced gender differences: in women compared with men, the time spent in bed and the length of sleep increased, as well as the number of awakenings and the sleep onset latency did. With a lack of sunshine, the length of stay in bed increased, the effectiveness of sleep decreased, the beginning and end of sleep was delayed and the energy expenditures of all participants decreased during the Antarctic winter, and at the Neumayer III station the time for going to bed and waking up significantly shifted to a later time. According to the authors, in isolation, a decrease in the quality of sleep in women with constant physical activity indicates a higher susceptibility to psycho-emotional stress and changes in the circadian rhythm.

Studies conducted at the Akademik Vernadsky Antarctic station [55] showed that after crossing six time zones, some winterers for a long time noted individual disturbances in a sleep-wake



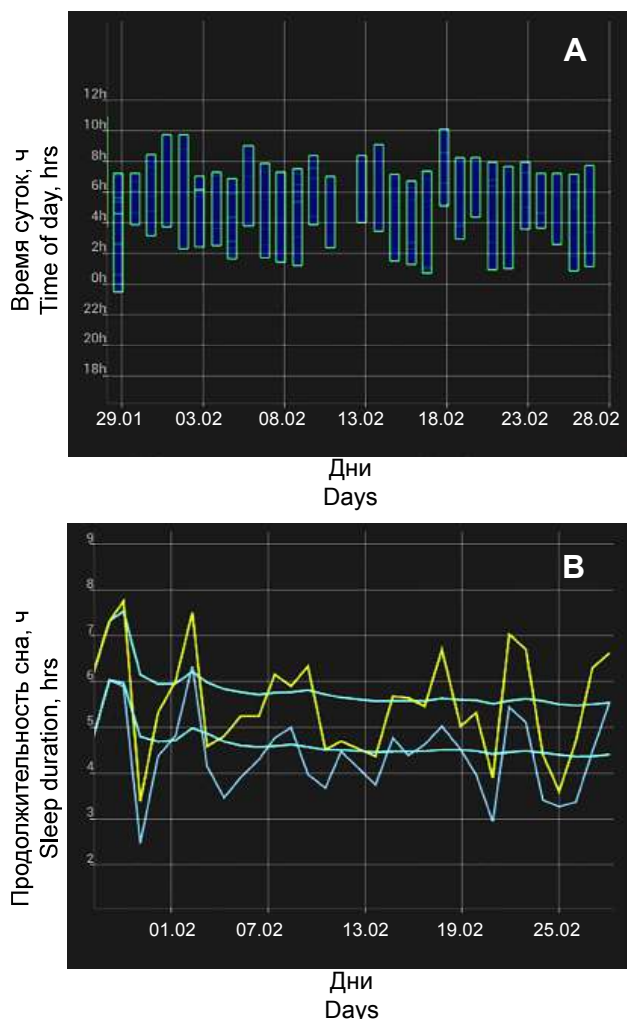
постели, снижалась эффективность сна, задерживались начало и окончание сна и уменьшались энергетические затраты у всех участников во время антарктической зимы, а на станции Neumaier III время отхода ко сну и пробуждения значительно смещалось на более позднее. По мнению авторов, в условиях изоляции снижение качества сна у женщин при неизменной физической активности свидетельствует о более высокой восприимчивости к психо-эмоциональному стрессу и изменениям циркадного ритма.

Исследования, проведенные на антарктической станции «Академик Вернадский» [4], показали, что после пересечения шести часовых поясов некоторые зимовщики длительное время отмечали отдельные нарушения цикла сон-бодрствование и ощущали приступы сонливости примерно в 18 ч по местному времени. В тоже время у участников 1-й турецкой антарктической экспедиции, прибывших в Антарктиду с таким же смещением по времени, заметных нарушений сна отмечено не было [6].

При этом анализ ответов украинских зимовщиков [4] на четыре первые вопроса опросника IDS-SR30 [54] показал, что нарушения сна имели индивидуальные особенности и зависели от сезона зимовки. У участников суммарно наиболее выраженные проявления были отмечены при июльском опросе (в зимнее время): у 10-ти – трудности с засыпанием, 8-ми – беспокойный сон, 3-х – раннее пробуждение и 2-х – избыточный сон. Раннее пробуждение отмечалось одинаковое количество раз на протяжении сезона, а случаев избыточного сна было больше в апреле и октябре (по 4 участника).

Кроме того, исследование двигательной активности во сне с использованием персональных смартфонов с программным обеспечением «Sleep as Android» (Urbandroid Team) выявило индивидуальное изменение ОВС и времени глубокого времени сна в течение года. Так, исходя из индивидуальной (предпочитаемой) длительности сна (7 или 7,5 ч), у двух зимовщиков отмечено накопление дефицита сна (134 и 85 ч за год соответственно), а у двух других, напротив, – прироста количества сна (111 и 277 ч соответственно), в том числе и за счет эпизодов дневного сна [4].

Следует также отметить, что у всех участников вне зависимости от возраста и профессиональной активности наблюдались квазипериодические изменения суммарной длительности суточной представленности сна (рисунок), причина которых не выяснена. Вероятно, изменения изученных параметров сна являлись результатом взаимодействия сна (его индивидуальных харак-



Пример изменения длительности сна в течение месяца. **A** – синими столбиками отмечена длительность ночного сна (нижняя граница столбика – начало сна, верхняя – окончание); **B** – длительность суточного сна – желтая линия, длительность глубокого сна – фиолетовая линия, среднее время сна – голубая линия. Ось абсцисс – дни регистрации, ось ординат – время и длительность сна (часы) для **A** и **B** соответственно.

Example of altered duration of sleep during the month. **A** – blue bars indicate the duration of a night's sleep (the lower border of column is the beginning of sleep, the upper is the end); **B** – duration of daily sleep – yellow line, the duration of deep sleep – the purple line, average sleep time – blue line. The abscissa axis is the days of recording, the ordinate axis is the time and duration of sleep (hours) for **A** and **B**, respectively.

cycle and felt drowsiness at about 18 o'clock local time. At the same time, the participants of the 1st Turkish Antarctic expedition, who arrived to Antarctica with the same time zone, had no noticeable sleep disturbances [2].

At the same time, an analysis of the answers of Ukrainian winterers agents [55] to the first four questions of the IDS-SR30 questionnaire [52] showed that sleep disturbances had individual features and depended on the wintering season. In participants, the most pronounced mani-



теристик), графика работы и приема пищи и отражали особенности индивидуальной адаптации к условиям жизни на станции.

Нарушения сна – общепризнанный феномен, возникающий в условиях непривычного окружения [5], длительное пребывание в котором, может влиять на способность адекватно реагировать на необычную и даже «враждебную» среду, подобную антарктической. Хотя причинно-следственные механизмы нарушений сна при антарктических исследованиях точно не идентифицированы [9, 47, 49, 50], считается, что в их основе может лежать три перекрывающихся синдрома: «антарктический синдром», «полярный Т3-синдром» и субсиндромальное аффективное расстройство [47]. Развивающаяся при этом «полярная инсомния» проявляется, в частности, в задержке фазы секреции мелатонина при нормальном суточном профиле секреции кортизола и нарушение ультрадианной ритмичности сна. Последнее характеризуется появлением большого количества ПС в начале ночи, а МВС, напротив, в основном в конце, что связывают с задержкой секреции мелатонина [49]. Кроме того, задержка его секреции по сравнению с «нормальным» рабочим временем приводит к развитию сна в субоптимальной фазе [9].

При этом наиболее выраженные нарушения сна характерны в основном для середины зимы [47, 49] и проявляются в трудности с засыпанием и/или поддержанием сна, снижение его эффективности, уменьшение ОВС, количества МВС (3- и 4-я стадии), увеличение фрагментации сна [49], доли ПС, а также 1- и 2-й стадий МВС [14]. Существуют данные о сходных, менее выраженных изменениях в летний период [50], которые требуют более детального обсуждения.

Подходы к коррекции нарушений сна. В основе регуляции сна лежат два процесса: гомеостатический и циркадный. При этом считается, что последний, в отличие от первого, не зависит от длительности предыдущего сна и бодрствования, хотя в последнее время накапливаются данные, свидетельствующие об обратном [13]. Кроме того, в регуляцию сна вовлечен также ультрадианный процесс, представляющий собой чередование МВС и ПС [32]. Взаимодействие этих процессов определяет «нормальное» течение сна в ночное время и «необходимый» уровень бодрствования днем, однако их рассогласование может происходить при помещении субъектов в условия с «ненормальным» (отличным от 24-часового) ритмом смены свет-темнота, сменной работе и сдвиге времени.

festations were observed during the July survey (in winter): 10 – difficulty falling asleep, 8 – restless sleep, 3 – early awakening and 2 – sleeping too much. Waking up too early was observed the same number of times during the season, and there were more cases of sleeping too much in April and October (4 participants each).

In addition, a study of motor activity when sleeping using personal smartphones with the installed Sleep as Android software (Urbandroid Team) revealed an individual change in TST and deep sleep time during the year. So, based on the individual (preferred) duration of sleep (7 or 7.5 hours), two winterers noted an accumulation of sleep deficits (134 and 85 hours per year, respectively), while the other two, on the contrary, confirmed an increase in the amount of sleep (111 and 277 hours, respectively), including owing to daily episodes [55].

It should also be noted that for all participants, regardless of age and professional activity, quasi-periodic changes in the total duration of the daily representation of sleep were observed (Figure), the cause of which is unclear. It is likely that changes in the studied sleep parameters were the result of the interaction of sleep (its individual characteristics), work and meal schedules, and reflected the individual adaptation to living conditions at the station.

Sleep disturbances are a generally recognized phenomenon that occurs in an unusual surroundings [1], a long stay wherein may affect the ability to adequately respond to unusual and even ‘hostile’ environments like Antarctica. Although the causal mechanisms of sleep disturbances in Antarctic research are not precisely identified [11, 45, 47, 48], it is believed that they can be based on three overlapping syndromes: ‘Antarctic syndrome’, ‘polar T3 syndrome’ and subsyndromal seasonal affective disorder [45]. The ‘polar insomnia’ developing in this case is manifested, in particular, in a delay in the phase of melatonin secretion with a normal daily profile of cortisol secretion and a disturbance in the ultradian rhythm of sleep. The latter is characterized with an appearance of a large number of PS at the beginning of the night, and SWS, on the contrary, mainly at the end, which is associated with the delayed melatonin secretion [47]. In addition, the delay in its secretion compared to ‘normal’ working hours leads to the development of sleep in a suboptimal phase [5].

In this case, the most pronounced sleep disturbances are characteristic mainly for the middle of winter [45, 47] and are manifested in difficulties

Поскольку многие антарктические станции расположены за Полярным кругом, и полярной ночью зимовщики вынуждены по несколько месяцев жить и работать в условиях только искусственного освещения, принято считать, что свет, а точнее экстремальное изменение фотопериода является одним из основных факторов, определяющих течение сна у зимовщиков в Антарктиде. При этом известно, что низкий уровень освещенности ухудшает сон и настроение [9, 25, 32], а адекватно подобранные параметры освещения могут сдвинуть ритм главного пейсмекера – супрахиазматические ядра гипоталамуса, и ритм бодрствование-сон [21]. Так, определенная эффективность световой терапии (использование света разной интенсивности и спектрального состава, как правило, обогащенного его голубой составляющей) показана при коррекции нарушенных параметров сна, улучшении концентрации внимания, когнитивных способностей, самочувствия, настроения, работоспособности и климата в коллективе [17, 20, 25, 37, 43, 44, 51, 52].

Изучив при помощи актиграфов сезонные изменения сна у офисных работников, проживающих за полярным кругом (г. Кируна, Швеция), A. Lowden и соавт. [37] выявили задержку наступления начала сна, которая составила 39 мин, и уменьшение длительности сна за неделю в зимний период по сравнению с летним. Задержка времени середины сна составила 25 мин в будние дни и 46 мин в выходные. Увеличение утренней освещенности приводило к более раннему наступлению времени середины сна, а увеличение освещенности вечером, вызывало его задержку.

На станции Halley V (сезон 2002–2003) при длительном (около трех месяцев) пребывании в условиях искусственного освещения у зимовщиков отмечались фрагментация сна и задержка его наступления [25]. И хотя задержка сна сохранялась при использовании освещения с увеличенной интенсивностью светового потока, его эффективность была несколько выше при использовании света с обогащенным спектральным составом.

Проведенный на станции Halley V анализ данных актиграфов, опросников и ритма изменения концентрации 6-sulphatoxymelatonin в моче у полярников во время антарктической зимы 2006 года [43] показал, что дополнительное искусственное освещение, обогащенное голубой составляющей спектра, положительно влияло на течение, длительность, эффективность и качество сна.

Еще одно исследование сна (актиграфия и опросник) на станции Halley V показало, что все-

with falling asleep and / or maintaining sleep, a decrease in its effectiveness, a decrease in TST, and the number of SWS (3rd and 4th stages), increased fragmentation of sleep [64], the PS proportion, as well as the 1st and 2nd stages of SWS [7]. The data on similar, but less manifested changes in summer season [48], have to be studied in details.

Ways to correct sleep disturbances. Sleep is regulated by two processes, homeostatic and circadian. It is also believed that the latter, unlike the former, does not depend on duration of previous sleep and wakefulness, although recently an evidence has been accumulating indicating the opposite [9]. In addition, the ultradian process, which is an alternation of SWS and PS [39], is also involved into sleep regulation. The interaction of these processes determines the 'normal' course of sleep at night and the 'necessary' level of wakefulness during the day. However, their mismatch can occur when the subjects are placed under conditions with an 'abnormal' (different from 24-hour) rhythm of light-darkness change, shift working and time shift.

Since many Antarctic stations are located beyond the Arctic Circle, and in polar nights, the winterers are forced to live and work for several months only at artificial light, it is generally accepted that light, or rather an extreme change in the photoperiod, is one of the main factors determining the sleep pattern of wintering in Antarctica. It is also known that a low level of illumination worsens sleep and mood [5, 21, 28], and adequately selected light parameters can shift the rhythm of the main pacemaker, *i. e.* suprachiasmatic nuclei, and wake-sleep rhythm [17]. So, a certain efficiency of light therapy (use of light of various intensities and spectral composition, usually blue-enriched) is shown in the correction of disturbed sleep parameters, improvement of alertness cognitive abilities, well-being, mood, performance and climate in the team [13, 16, 21, 33, 41, 43, 49, 50].

With the help of actigraphs, seasonal sleep changes in office workers living beyond the Arctic Circle (Kiruna, Sweden), A. Lowden *et al.* [33] revealed a delayed sleep onset, which amounted to 39 minutes, as well as reduced duration of sleep per week in winter compared to summer. The delay in mid-sleep was 25 minutes on weekdays and 46 minutes on weekends. An increase in morning light led to an earlier onset of mid-sleep time, and an increase in light in the evening caused its delay.



го час усиленного яркого освещения в утреннее время ускоряет фазу циркадного ритма секреции мелатонина, сдвигает на более ранние часы время отхода ко сну и пробуждения, но в меньшей степени, улучшает сон, внимание и когнитивные способности [20].

Согласно данным, полученным в ходе 30-й индийской антарктической экспедиции [52], максимальные нарушения сна происходили в первый месяц после прибытия на станцию Maitri (видимо в связи с необходимостью адаптации к 24-часовому световому периоду). Кроме того, на фоне отсутствия изменений ритма секреции кортизола, полярной зимой нарушалась циркадная секреция мелатонина. Опрос показал, что у пяти участников (25%) время между отходом ко сну и его наступлением уменьшилось, ОВС и качество сна зимой увеличилось, а количество ранних пробуждений снизилось по сравнению с летним периодом. Паттерн сна у технического персонала отличался только общей длительностью в летнее время. Отмечается, что общая длительность сна возрастала из-за увеличения частоты его дневных эпизодов и была связана скорее с отсутствием послеобеденной рабочей смены, чем с усталостью. В качестве средств, способствующих наступлению сна, зимовщики слушали музыку, читали и смотрели телевизор. Семеро участников (35%) прибегли к фармакологической терапии.

Исследование, проведенное на станции Concordia [44], показало, что у полярников в течение зимы отмечались значимая задержка времени отхода ко сну и выключения света (при обычном освещении), величины которых снижались при использовании света, обогащенного дополнительными спектральными составляющими. При этом соответствующее время пробуждения не отличалось при разных вариантах освещения, однако длительность сна увеличивалась на фоне «обогащенного света». Эффективность сна также не отличалась при этих режимах освещения, что, по мнению авторов, могло быть связано как с недостаточной точностью актиграфов в определении тонких изменений структуры сна, так и с нечувствительностью эффективности сна к влиянию «обогащенного света». Однако использование «обогащенного света» значительно улучшало самочувствие и внимание, а также уменьшало 30-минутную задержку секреции мелатонина, отмечаемую при обычном освещении.

После 2-недельного пребывания на станции Canadian Forces Station Alert [51] количество сна у полярников оставалось неизменным, но его качество заметно улучшилось после индивиду-

At the Halley V station in 2002–2003, during a long-term (about three months) stay at artificial light, the winterers noted a sleep fragmentation and delay in its onset [21]. Although the sleep delay was retained when using extralight, its efficiency was somewhat higher when using light with an enriched spectral composition.

An analysis of the data of actigraphs, questionnaires, and the rhythm of changes in the concentration of 6-sulphatoxymelatonin in urine of polar explorers during the Antarctic winter [41] performed at the Halley V station showed that additional blue-enriched artificial light positively affected the course, duration, and efficiency and quality of sleep.

Observations of sleep (actigraphy and questionnaire) at the Halley V station demonstrated that only an hour of intensified bright light in the morning accelerates the phase of circadian rhythm of melatonin secretion, shifts the time of sleep onset and wake up to earlier hours, but to a lesser extent, improves sleep, attention and cognitive ability [16].

According to the data obtained during the 30th Indian Antarctic expedition [50], maximum sleep disturbances occurred in the first month after arriving at the Maitri station (apparently because of adaptation to the 24-hour light period). In addition, in the absence of changes in the rhythm of cortisol secretion, the circadian secretion of melatonin was disturbed during the polar winter. The survey showed that in five participants (25%), the time between going to bed and sleep onset decreased, TST and its quality in winter increased, and the number of early awakenings decreased compared to the summer period. The sleep pattern of the technical support team differed only in total sleep duration in the summer. It is noted that the total duration of sleep increased due to an increase in the frequency of its daily episodes and was associated more with the absence of an afternoon shift than with fatigue. As a means of promoting the onset of sleep, winterers listened to music, read and watched TV. Seven participants (35%) resorted to pharmacological therapy.

Investigations performed at the Concordia station [42] showed that the polar explorers experienced a significant delay in the time they went to bed and turned off the light (under normal light), the values of which decreased when using light enriched with additional spectral components. At the same time, the corresponding awakening time did not differ with various light options, however, the duration of sleep increased with 'enriched light'. The efficiency of sleep also did not differ under these light conditions, which, as authors reported,



ального «светового лечения» – применения дополнительного освещения. «Световому лечению» подвергались участники, у которых отмечалось рассогласование ритма секреции мелатонина и расписания сна. При этом уменьшалось количество пробуждений (измеренных по количеству эпизодов сна) и время бодрствования после начала сна, что повышало его эффективность.

N. Chen и соавт. [17] по данным актиграфов, опросников и результатам исследования метаболитов мелатонина в моче выявили, что у зимовщиков на станции Zhongshan во время полярной ночи происходила задержка циркадного ритма и фазы наступления сна, развивался поздний хронотип. Значимых изменений общего времени, эффективности и латентности сна обнаружено не было. Для снижения выраженности симптомов было предложено использовать в комбинации искусственное яркое освещение и строгое соблюдение режима социальной активности, а также включение в рацион богатых триптофаном продуктов питания перед сном.

M. Bhattacharyya и соавт. [12] также полагают, что комбинация искусственного освещения и строгого соблюдения графика социального взаимодействия во время полярной ночи, может способствовать поддержке функции организма на уровне, необходимом для облегчения проблем, связанных с нарушениями циркадных ритмов в Антарктиде, а расстройства сна могут быть нейтрализованы нефармакологическими терапевтическими вмешательствами: йога, медитация, разумно подобранные физические упражнения, особенно в темные зимние месяцы, когда участники в основном находятся в помещении станции.

Японские исследователи считают, что сон или ритмы активности у участников антарктических экспедиций в основном контролируются графиком работы и могут быть в определенной степени нормализованы при строгом его соблюдении [68].

O. Mairesse и соавт. [39] также предполагают, что соблюдение регулярного режима бодрствование-сон, особенно подъем в одно и то же время, может служить достаточно мощным несветовым задатчиком времени противодействия влиянию экстремальных фотопериодов.

На значимость социального задатчика времени (по сравнению с циклом свет-темнота), по крайней мере в поддержании циркадного ритма уровня циркулирующих гормонов в крови указывает и T. Takagi [59].

На антарктических станциях Rothera и Halley [29] на протяжении зимовок нарушений суточ-

could be due to insufficient accuracy of actigraphs in determining subtle changes in the structure of sleep, and insensitivity to the efficiency of sleep to the influence of 'enriched light'. However, the use of 'enriched light' significantly improved well-being and attention, and also reduced the 30-minute delay in melatonin secretion observed in normal light.

After a 2-week stay at the Canadian Forces Station Alert [49], the amount of sleep in the expeditioners remained unchanged, but its quality improved markedly after an individual 'light treatment', *i. e.* additional light use. The participants with a mismatch in the rhythm of melatonin secretion and sleep schedules were light-treated. At the same time, the number of awakenings (measured by the number of sleep episodes) and the time of wakefulness after the start of sleep decreased, which increased its efficiency.

N. Chen *et al.* [13] as stated in actigraphs, questionnaires and the results of a study of melatonin metabolites in urine, revealed that wintering at the Zhongshan station during the polar night there was a delay in the circadian rhythm and phase of the sleep onset, as well as there was late chronotype developed. No significant changes in total time, efficiency and sleep latency were detected. To reduce the severe symptoms, it was proposed to use in combination artificial bright light and keeping strictly the regime of social activity, as well as the inclusion of tryptophanrich foods prior to bedtime.

M. Bhattacharyya *et al.* [8] also believe that a combination of artificial light and strict keeping a schedule of social interaction during the polar night can help maintain body function at the level necessary to alleviate problems associated with circadian rhythm disturbances in Antarctica, and sleep disorders can be neutralized by non-pharmacological therapeutic interventions: yoga, meditation, reasonably selected physical exercises, especially in the dark winter months, when participants are mainly inside the station.

Japanese researchers suggest that sleep or activity rhythms among participants in Antarctic expeditions are mainly controlled by the work schedule and can be normalized to a certain extent with its strict keeping [68].

O. Mairesse *et al.* [35] also indicate that observing the regular wake-sleep regime, especially rising at the same time, can serve as a rather powerful non-photoc zeitgeber for counteracting the influence of extreme photoperiods.

T. Takagi [58] also points to the significance of the social zeitgeber (compared to the light-



ного ритма секреции кортизола обнаружено не было и только субъективные проблемы со сном и усталость указывали на развитие «антарктического синдрома». Кроме того, предполагается, что строгое соблюдение графика времени работы и отдыха, а также приема пищи сказалось на сохранении нормального ритма выработки кортизола, а его высокий уровень при пробуждении и низкий при отходе ко сну у участников, оцененных как «хорошо адаптированные», свидетельствовал об их успешной адаптации [29].

Результаты актиграфических исследований G. Collet и соавт. [18] показали, что вариации длительности освещенности могут являться не единственной причиной изменения сна. Так, на станциях Dumont d'Urville (уровень моря) по сравнению с Concordia (высокогорье) на фоне отсутствия сезонной зависимости длительности рабочего времени, энергетических затрат организма или количества шагов, сделанных в светлое время суток, ОВС было больше, эффективность сна выше, а время бодрствования после его наступления меньше. Кроме того, на этих станциях энергетические затраты и количество эпизодов фрагментации сна были выше в летний период.

На большую значимость гипоксии по сравнению с экстремальным фотопериодом на высокогорных станциях обращают внимание и другие авторы [18, 39]. Помимо нарушений сна [47], у зимовщиков на этих станциях отмечается периодическое дыхание во сне, что, видимо, требует специальных подходов к его коррекции.

«Жаворонки», «совы» и другие ... – роль хромотипов и личностных черт в адаптации и изменениях сна в условиях Антарктиды. Известно, что, кроме света, сон чувствителен к множеству внешних, внутренних факторов, в том числе и личностных [32], роль которых возрастает многократно в связи с тем, что во время пребывания в Антарктиде зимовщикам приходится длительное время жить и работать в малом коллективе и в отрыве от привычного окружения.

Так, полярники на антарктической станции SANAE (850 м над уровнем моря) сообщили об увеличении количества и тяжести случаев враждебности, депрессии, бессонницы и беспокойства [63]. Причем большинство проявлений было выше в середине и конце зимы.

Однако J. Wood и соавт. [67], проанализировав сообщения 104 австралийских зимовщиков, пришли к выводу, что частота появления позитивных ощущений была значительно выше, чем негативных переживаний, несмотря на то, что перечень последних значительно длиннее.

dark cycle), at least in maintaining the circadian rhythm of the level of circulating hormones in blood.

At the Rothera and Halley stations [25], during wintering, no disorders in circadian rhythm of cortisol secretion were detected, and only subjective sleep problems and fatigue pointed to the development of the 'Antarctic syndrome'. In addition, it is assumed that strict keeping the timetable for an activity and rest, as well as food intake, affected the maintenance of a normal rhythm of cortisol production, and its high level upon waking up and low on going to bed among participants rated as 'well adapted' testified to their successful adaptation [25].

The results of actigraphic studies of G. Collet *et al.* [14] showed that variations in the light duration may not be the only cause of sleep changes. So, at the Dumont d'Urville stations (sea level) compared with the Concordia (high mountains), with the absence of a seasonal dependence of the working hours, energy expenditures of a body or the number of steps taken during daylight hours, the TST was longer, sleep efficiency was higher, and the wakefulness time after its onset was shorter. In addition, at these stations, energy costs and the number of episodes of sleep fragmentation were higher in summer.

Other authors pay attention to a great importance of hypoxia compared to the extreme photoperiod at high altitude stations [14, 35]. In addition to sleep disturbances [45], the periodical breathing has been observed in winterers during sleeping, which apparently requires special approaches to its correction.

'Larks', 'owls' and others... – the role of chronotypes and personality traits in adaptation and sleep changes in Antarctica. In addition to light, sleep is known to be sensitive to many external and internal factors, including personality factors [28], the role of which increases many times over due to the fact that during the stay in Antarctica the winterers have to live and work for a long time in a small team group and in isolation from the usual environment.

So, polar explorers at the SANAE station (850 m above sea level) reported an increase in the number and severity of cases of hostility, depression, insomnia and anxiety [63]. Moreover, most manifestations were more vivid in the middle and end of winter.

However, J. Wood *et al.* [67], having analyzed the reports of 104 Australian winterers, concluded that the frequency of positive feelings was much

По мнению S. Khandelwal и соавт. [31] основными стрессовыми факторами являются скорее психологические, чем физические условия, и отмечают, что каждая фаза пребывания в Антарктиде характеризуется определенным набором психологических реакций, но не подтверждают наличие так называемого «феномена третьей четверти», характеризующегося низкой мотивацией, межличностным напряжением и плохим настроением.

R. Bhargava и соавт. [10] также указывает на зависимость тех или иных психологических проявлений, предположительно влияющих на продуктивность, от фазы зимовки.

Охарактеризовав негативное и позитивное влияние, возникающее во время пребывания в Антарктиде, M. Zimmer и соавт. [70] полагают, что первое, по-видимому, является следствием неадекватного взаимодействия организма с окружающей средой и проявляется в развитие целого ряда синдромов и изменений. В свою очередь положительные эффекты, такие как салютогенные, возникают в результате успешной адаптации к неблагоприятным условиям окружающей среды.

J. Leach [33] отмечает, что «наша когнитивная система приспособлена к поддержанию целенаправленного поведения в условиях нормального окружения», однако в «абнормальной» среде, к которой организм изначально оптимально не адаптирован, она (когнитивная система) может приспосабливаться через развитие соответствующих стратегий выживания. Причем условия окружающей среды могут быть «абнормальными» для одних индивидуумов и вполне приемлемыми для других, а оценка условий окружающей среды может меняться как с течением времени, так и с приобретением опыта. Следует отметить, что «некоторые индивидуумы сознательно делают выбор в пользу жизни и работы в исключительных условиях, таких как полярная база, космическая станция, подводная лодка и т. д., т. е. условий, к которым они оптимально не адаптированы, но могут найти некоторую степень приспособления обычно через развитие стратегий выживания».

Похожего мнения придерживаются также L. Palinkas и P. Suedfeld [47], которые при анализе последствий «встречи» с экстремальными и необычными ситуациями показывают, что они могут быть как негативными (патогенными), так и позитивным (салютогенными). Причем и события, и их последствия могут являться патогенными для одного индивидуума и салютогенными для другого, а их оценка может меняться со временем. При этом позитивные пос-

higher than negative experiences, despite the fact that the list of the latter was much longer.

S. Khandelwal *et al.* [27] consider that the main stress factors are psychological rather than physical conditions, and note that each phase of stay in Antarctica is featured by a certain set of psychological responses, but do not confirm the presence of the so-called 'third quarter phenomenon', characterized by low motivation, interpersonal tension and bad mood.

R. Bhargava *et al.* [6] also indicates the dependence of certain psychological manifestations, presumably affecting productivity, on the wintering phase.

Describing the negative and positive impact that occurs during a stay in Antarctica, M. Zimmer *et al.* [70] believes that the first, apparently, is a consequence of the inadequate interaction of the body with the environment and manifests itself in the development of a number of syndromes and changes. In turn, positive effects, such as salutogenic, arise as a result of successful adaptation to adverse environment.

J. Leach [29] notes that 'our cognitive system is adapted to maintain goal-directed behavior in a normal environment', however, in an 'abnormal' one, to which the body is not optimally adapted initially, it (the cognitive system) can adapt through developing appropriate coping strategies. Moreover, environmental conditions can be 'abnormal' for some individuals and quite acceptable for others, and the assessment of environmental conditions can change both over time and with the gaining the experience. It should be noted that 'some individuals consciously choose to live and work in exceptional conditions, such as the polar base, space station, submarine, *etc.*, *i. e.* conditions to which they are not optimally adapted, but can find some degree of adaptation usually through the development of survival strategies'.

A similar opinion is also shared by L. Palinkas and P. Suedfeld [45], who, when analyzing the consequences of 'facing' the extreme and unusual situations, show that they can be negative (pathogenic), and positive (salutogenic). Moreover, both events and their consequences may be pathogenic for one individual and salutogenic for another, and their assessment may change over time. At the same time, positive consequences indicate successful coping with stress.

A correlation between the degree of psychological adaptation and the level of cortisol in blood during sleep was discovered by A Harris *et al.* [25]. Based on the subjective assessments of the



ледствия свидетельствуют об успешном преодолении стресса.

Корреляция между степенью психологической адаптации и уровнем кортизола в крови во время сна была обнаружена А. Харрис и соавт. [29]. На основании субъективных оценок руководителей станций все участники были оценены как «плохо адаптированные», «средне хорошо адаптированные» и «исключительно хорошо адаптированные». У последних отмечался высокий уровень кортизола при пробуждении и низкий при отходе ко сну.

При исследовании изменения стратегий выживания со временем и взаимосвязи этих изменений с настроением и сном [55] была описана еще одна адаптивная стратегия по преодолению суровых условий окружающей среды, связанная с психологической устойчивостью зимовщиков – «погружение» в состояние «психологической гibernации», при которой они становились «более индифферентными или эмоционально плоскими» во время зимних месяцев.

О. Мейрессе и соавт. [39] полагают, что характерные индивидуальные различия проявлений нарушений сна (сонливость, снижение концентрации внимания, скорость психомоторных реакций и нейроповеденческие ответы), имеющие определенную степень стабильности и устойчивости, являются фенотипическими и могут основываться на еще не раскрытых генетических факторах. При этом большинство изученных ими характеристик сна и длительности его стадий имели довольно стабильные и устойчивые межличностные различия, хотя длительность МВС и параметры его задержки имели слабую зависимость от черт характера.

В какой степени выбор той или иной индивидуальной стратегии поведения в экстремальных условиях определяется генетическими особенностями организма и как влияет этот выбор на экспрессию тех или иных генов изучено недостаточно даже на модельных системах.

В экспериментальном исследовании на животных было установлено [23], что в зависимости от выбранного типа поведенческой стратегии во время тренировок в тесте по активному избеганию развиваются специфические изменения последующего сна, которые отражают его вовлечение в консолидацию стратегий поведения, и указывают на то, что ПС и МВС могут выполнять различные функции в этом процессе в зависимости от того, является ли поведение адаптивным или нет.

В эксперименте на генетически модифицированных мышах было показано, что нарушения

base commanders, all participants were rated as 'poorly adapted', 'moderately well adapted', and 'exceptionally well adapted'. The latter had a high level of cortisol on waking and low on going to bed.

In the study of changes in survival strategies over time and the relationship of these changes with mood and sleep [53], another adaptive strategy was described to overcome the harsh environment associated with the psychological stability of wintering, *i. e.* 'immersion' in 'psychological hibernation', in which they became 'more indifferent or emotionally flat' during winter months.

О. Мейрессе *et al.* [35] believe that the characteristic individual differences in the manifestations of sleep disturbances (drowsiness, decreased concentration, speed of psychomotor reactions and neurobehavioral responses), which have a certain degree of stability and resistance, are phenotypic and can be based on genetic factors that have not yet been discovered. Moreover, most of the characteristics of sleep and the duration of its stages that they studied had rather stable and resistant person-to-person differences, although the duration of the SWS and its delay parameters were slightly dependent on personal traits.

In which extent the choice of one or another individual strategy of behavior in extreme conditions is determined by genetic characteristics of body and how this choice affects the expression of certain genes has been poorly studied even in model systems.

In studies in experimental animals it was found [19] that, depending on the chosen type of behavioral strategy, during training in the active avoidance test, specific changes in subsequent sleep develop, which reflect its involvement into consolidation of behavioral strategies, and indicate that PS and SWS can perform various functions in this process, depending on whether the behavior is adaptive or not.

In genetically modified mice, it was experimentally shown that sleep disturbances, leading to an inability to maintain a high level of attention, can shift consciousness and behavior towards more automatic, stereotypical forms that require low attention, in contrast to goal-directed behavior, which requires a high level of attention. It is interesting to note that sleep disturbance can contribute to the choice of automatic behavior, and conversely, automatic behavior can reduce the need for sleep [65].

When analyzing the behavior of genetically different chronotypes of *Drosophila melanogaster*



сна, приводя к неспособности поддерживать высокий уровень внимания, могут сдвигать сознание и поведение в сторону более автоматических, привычных форм, требующих низкого внимания, в отличие от целенаправленного поведения, для реализации которого, необходим высокий уровень внимания. Интересно отметить, что нарушение сна может способствовать выбору автоматического поведения и напротив, автоматическое поведение может снижать потребность во сне [65].

При анализе поведения генетически различных хронотипов дрозофил («жаворонки» характеризуются пиками активности ранним утром и вечером; «совы» – поздним утром и вечером; «стрижи» – ранним утром и поздним вечером и «вальдшнепы» – поздним утром и ранним вечером) L. Zakharenko и соавт. [69] показали их разную реакцию, как на экстремальное удлинение длительности светового периода, так и на его комбинацию с повышением температуры окружающей среды. Причем разная реакция на стрессорные факторы зависит не от положения циркадных фаз, а от сложной системы синхронизации, состоящей из циркадных, гомеостатических и аллостатических регуляторов. Результаты исследований на людях дали авторам основание для выделения у них, по крайней мере, утреннего и вечернего хронотипов.

J. Vitale и соавт. [64], проанализировав реакцию на тренировки у спортсменов с различным хронотипом, пришли к выводу, что окружающая среда без постоянного дневного света (70-я широта) дает определенные преимущества вечернему типу.

При анализе влияния освещения на индивидуумов с утренним и вечерними хронотипами было сделано заключение о необходимости использования ускоряющих или замедляющих профилей для обеспечения устойчивого захвата ими 24-часового ритма [27].

С другой стороны [30] было показано, что ни длительность сна, ни его качество, ни социальный джет-лаг не зависят от хронотипа сами по себе, а принадлежность к экстремально раннему или позднему хронотипу не обязательно приводит к нарушениям сна. При возможности спать в рамках своего «циркадного окна сна», длительность сна остается, по крайней мере, достаточной, а разумно составленный график (учитывающий хронотип, социальные нужды и исключающий работу с 3 до 5 утра) может способствовать качественному сну ночью, даже в рабочие дни, у всех хронотипов.

Вынужденный контакт с холодом. Несмотря на комфортные условия проживания и работы

(‘larks’ activity peaks are characteristic in the early morning and evening; ‘owls’ ones are noted in the late morning and evening; those of ‘swifts’ are featured in the early morning and late evening and for ‘wood-cocks’ the activity peaks are found in the late morning and early evening) L. Zakharenko *et al.* [69] reported their different responses, both to the extreme lengthening of the duration of the light period, and to its combination with an increase in ambient temperature. Moreover, a different reaction to stress factors does not depend on the position of the circadian phases, but on a complex synchronization system consisting of circadian, homeostatic and allostatic regulators. The results of human studies gave the authors a basis for distinguishing the morning and evening chronotypes at least in them.

J. Vitale *et al.* [64], having analyzed the response to training of athletes with different chronotypes, came to the conclusion that an environment without constant daylight (70th latitude) provides certain advantages to the evening type.

When analyzing the effect of light on individuals with morning and evening chronotypes, it was concluded that it is necessary to use accelerating or slowing profiles to ensure their stable entrainment of a 24-hour rhythm [23].

On the other hand [26], it was shown that neither the duration of sleep, nor its quality, nor the social jet lag depend on the chronotype *per se*, and belonging to an extremely early or late chronotype does not necessarily lead to sleep disturbances. If one can sleep within one’s ‘circadian sleep window’, the duration of sleep remains at least sufficient, and a reasonably designed schedule (taking into account the chronotype, social needs and excluding work from 3 to 5 in the morning) can contribute to sleep quality during the night in all chronotypes, even during work days.

Forced contact with cold. Despite comfortable living and working conditions at all the stations throughout the season, for the winterers an outdoor activity is of a constantly need, at which they are systematically or periodically exposed to low temperatures, often in combination with high humidity and wind. In this case, the least protected areas of the body, *i. e.* the face and hands, experience the maximum cold load. By activating the thermoregulation system, the cold can both disrupt the homeostasis of the body (lead to frostbite, hypothermia), and help increase its stability (adaptation), including cross adaptation. It is also known that activation of the sympathetic branch of the autonomic nervous system (ANS) is a key



на всех станциях на протяжении всего сезона у зимовщиков существует постоянная потребность в активности на открытом воздухе, при которой они систематически или периодически подвергаются влиянию низкой температуры, часто в комбинации с высокой влажностью и ветром. При этом максимальную холодовую нагрузку испытывают наименее защищенные участки тела – лицо и руки. Активируя систему терморегуляции, холод может, как нарушать гомеостаз организма (приводить к обморожениям, гипотермии), так и способствовать повышению его устойчивости (адаптации), в том числе и перекрестной. При этом известно, что активация симпатического звена вегетативной нервной системы (ВНС) является ключевым звеном реакции на физический и психологический стресс.

Сравнение активности ВНС у волонтеров 18-й зимней и 19-й летней индийских антарктических экспедиций [28] показало, что во время южного лета постепенно снижается активность симпатической нервной системы, а автономный баланс сдвигается в парасимпатическую сторону. Однако у зимовщиков активность симпатической нервной системы доминировала (по сравнению с летней группой), что могло свидетельствовать как об ухудшении ее состояния, так и о перестройке ВНС.

Показано, что после 40-дневного пребывания в Антарктиде на фоне значимого падения уровня гипоталамических и адренальных гормонов (при сохранении их циркадной ритмичности) изменяется вегетативный баланс, вероятно, за счет уменьшения активности симпатического звена ВНС, что возможно, приводит к снижению уровня индивидуального возбуждения [22].

У участников сезонной антарктической экспедиции на станции Абоа была выявлена значимая задержка появления дрожи, что указывало на развитие общей акклиматизации [53]. При этом индивидуумы с низким исходным вазоконстрикторным ответом оказались менее акклиматизированными к локальному охлаждению, чем те, у кого отмечался повышенный изначальный ответ в тесте с холодовой нагрузкой (погружение руки в холодную воду).

Кроме того, согласно недавним исследованиям у здоровых неадаптированных молодых добровольцев в норме отмечалось развитие двух разных стратегий реагирования организма на холод приблизительно в равных соотношениях [14].

Два типа реагирования на холод (по изменениям показателей частоты сердечных сокращений, артериального давления и вариабельности сердечного ритма) было отмечено и в ходе го-

link in the response to physical and psychological stress.

A comparison of the ANS activity among the volunteers of the 18th winter and 19th summer Indian Antarctic expeditions [24] showed that during the southern summer the activity of the sympathetic nervous system gradually decreases, and the autonomous balance shifts to the parasympathetic side. However, the activity of the sympathetic nervous system dominated among winterers (in comparison with the summer group), which could indicate both a deterioration in its condition and a restructuring of the ANS.

It has been shown that after a 40-day stay in Antarctica with a significant drop in the level of pituitary and adrenal hormones (while maintaining their circadian rhythmicity), the vegetative balance changes, probably due to a decrease in the activity of the sympathetic ANS branch, which may lead to a decrease in the level of individual excitement [18].

The participants of the seasonal Antarctic expedition at the Aboa station showed a significant delay in the appearance of shivering, which indicated the development of general acclimatization [51]. In this case, individuals with a low initial vasoconstrictor response were less acclimatized to local cooling than those who had an increased initial response in the test with a cold load (immersion of a hand in cold water).

Also recent investigations have demonstrated that in healthy non-adapted young volunteers, as a response to cold the development of two different strategies being approximately equal was noted [10].

Two types of response to cold (according to changes in heart rate, blood pressure, and heart rate variability) were also noted during a one-year wintering in Antarctica [34]. At the same time, the initial level of heart rate variability did not affect the subsequent direction of changes in cardiac activity indices and did not depend on age, professional activity, and experience of previous wintering. According to the authors, the contribution of cold can be significant in the formation of the final adaptation to stay in Antarctica, since a significant part of daily activity occurred on an open air.

It is also known that cooling the surface of the body leads to activation of the sympathetic nervous system, and the face and upper respiratory tract, on the contrary, activates the parasympathetic branch of the nervous system [32]. Under certain unfavorable conditions, cold can cause significant simultaneous activation of both



дичной зимовки в Антарктиде [38]. При этом исходный уровень вариабельности сердечного ритма не влиял на последующее направление изменений показателей сердечной деятельности и не зависел от возраста, профессиональной деятельности и опыта предшествующих зимовок. По мнению авторов, вклад холода может быть значимым в формировании итоговой адаптации к пребыванию в Антарктиде, поскольку значительная часть ежедневной дневной активности зимовщиков происходила на открытом воздухе.

Известно также, что охлаждение поверхности тела приводит к активации симпатической нервной системы, а лица и верхних дыхательных путей, наоборот, активирует парасимпатический отдел нервной системы [36]. При определенных неблагоприятных условиях холод может вызвать одновременную значительную активацию обоих отделов ВНС, что может привести к тяжелым последствиям для организма, связанным с нарушениями работы сердца, из-за возникновения так называемого «вегетативного конфликта» [56].

Следует отметить, что как физиологические ответы, так и субъективные оценки, следующие за холодным и тепловым воздействием, некоторым образом связаны с личностными чертами [34]. При этом нейротизм (т. е. эмоциональная нестабильность) отрицательно коррелировал с увеличением потребления кислорода, снижением температуры кожи и уровнем субъективного дискомфорта во время холодного воздействия. Предполагается, что эти изменения у эмоционально нестабильных лиц вызваны повышенной активностью ВНС, а длительное влияние холода может приводить к более раннему развитию гипотермии тела.

J. LeBlanc и соавт. [35] показали, что при охлаждении лица холодным потоком воздуха ощущение боли и дискомфорт из-за физического стресса активируют ВНС (увеличении концентрации норадреналина в крови, сердечного ритма и уровня субъективного дискомфорта). Однако и уровень дискомфорта, и увеличение частоты сердечных сокращений значимо связаны с личностной оценкой экстраверсии и нейротизма: более высокая индивидуальная самооценка экстраверсии была обусловлена высоким уровнем психологической и физиологической реактивности, а более высокая индивидуальная самооценка нейротизма – с низким дискомфортом и меньшей реактивностью ВНС. Авторы предполагают, что редуцированный ответ эмоционально нестабильных лиц связан не столько с влиянием холода, сколько с развитием габитуации

branches of the ANS, which can lead to serious consequences for the body associated with impaired heart function due to the so-called ‘vegetative conflict’ [54].

It should be noted that both physiological responses and subjective assessments following cold and heat exposure are in some way related to personality traits [30]. At the same time, neuroticism (*i. e.*, emotional instability) was negatively correlated with an increase in oxygen consumption, a decrease in skin temperature and a level of subjective discomfort during a cold exposure. It is assumed that these changes in emotionally unstable individuals are caused by an increased activity of the ANS, and prolonged exposure to cold can lead to an earlier development of body hypothermia.

J. LeBlanc *et al.* [31] showed that when a person is cooled by a cold air blowing, a sensation of pain and discomfort due to physical stress activates the ANS (an increase in the concentration of norepinephrine in the blood, heart rate and subjective discomfort). However, both the level of discomfort and increased heart rate are significantly associated with a personal assessment of extraversion and neuroticism: a higher individual self-assessment of extraversion was due to a high level of psychological and physiological reactivity, and a higher individual self-assessment of neuroticism was associated with low discomfort and less reactivity of the ANS. The authors suggest that the reduced response of emotionally unstable individuals is associated not so much with the influence of cold as with the development of habituation in response to the repeated effects of mild stress factors of various origins.

It should be noted that, along with the known forms of adaptations to cold (hypothermic, metabolic, insulative ones), the most common response of an organism to repeated temperature influences is habituation, which leads to an enhancement of its adaptive capabilities [36], and in some cases may be accompanied by sleep changes [62].

Despite the fact that temperature is a weaker Zeitgeber than light, its fluctuations (both external and internal) lead to pronounced changes in sleep [28]. Thus, a slight increase in the temperature of the skin is considered a more powerful stimulus for initiating sleep than a decrease in the temperature of the body core [61].

In this regard, the question about using the temperature (environment at the station, body and skin) as an additional factor to the stimuli



в ответ на повторяющиеся воздействия мягких стрессовых факторов различной природы.

Следует отметить, что наряду с известными формами адаптаций к холоду (гипотермическая, метаболическая, изоляционная) наиболее общей реакцией организма на повторяющиеся температурные воздействия является габитуация, которая приводит как к повышению его адаптивных возможностей [40], а в ряде случаев может сопровождаться изменениями сна [1].

Несмотря на то, что температура – более слабый датчик времени, чем свет, ее колебания (как внешние, так и внутренние), приводят к выраженным изменениям сна [32]. Так, незначительное повышение температуры кожи считается более мощным стимулом для инициации сна, чем снижение температуры ядра тела [62].

В этой связи вопрос об использовании температуры (окружающей среды на станции, тела и кожи) как дополнительного фактора к уже изучаемым стимулам для коррекции нарушений сна и циркадного ритма у зимовщиков может быть предметом специальных исследований.

Выводы

Согласно объективным и субъективным оценкам снижение эффективности и длительности сна, трудности с засыпанием, задержка наступления сна, недостаток его восстановительной функции являются наиболее частыми жалобами у участников антарктических экспедиций. Причинами изменений гомеостаза сна в этой среде могут быть как условия обитания и работы на станциях, так и индивидуальные особенности физиологической и психологической адаптации. При этом считается [15], что создание необходимых условий и соответствующий медицинский и психологический отбор участников позволят минимизировать нарушения гомеостаза сна и, как следствие, снизить «накал» многих проблем, связанных с работой в условиях, подобных антарктическим.

Проведенные в Антарктиде исследования поднимают ряд вопросов, которые могут быть предметом специальных исследований, как на станциях, так и в лабораторных условиях: 1) какова природа адаптации и способности длительно функционировать в экстремальных условиях; 2) какова роль сна в адаптации и способности длительно функционировать в экстремальных условиях; 3) какова роль изменений сна (если они имеют место), сопутствующих успешной или неуспешной адаптации, выбранной стратегии преодоления суровых условий окружающей среды и психофизиологической основе этих изменений.

that are already being studied for the correction of sleep disturbances and circadian rhythm in the winterers may be the subject of special studies.

Conclusions

According to objective and subjective assessments, a decrease in the efficiency and duration of sleep, difficulty falling asleep, a delay in the onset of sleep, and a lack of its recovery function are the most frequent complaints among participants in the Antarctic expeditions. The causes of changes in sleep homeostasis in this environment can be both living and work conditions at stations, and individual characteristics of physiological and psychological adaptation. It is believed [11] that the creation of the necessary conditions and appropriate medical and psychological selection of participants will minimize sleep homeostasis disturbances and, as a result, reduce the ‘tension’ of many problems associated with working in the conditions similar to the Antarctic.

Research performed in Antarctica raises a number of issues that may be the goal of special studies, both at stations and in laboratory conditions: 1) what is the nature of adaptation and ability to function for a long time in extreme conditions; 2) what is the role of sleep in adaptation and ability to function for a long time in extreme conditions; 3) what is the role of sleep changes (if any) accompanying successful or unsuccessful adaptation, the chosen strategy to overcome the harsh environmental conditions and the psychophysiological basis of these changes.

In addition, the conditions at the Antarctic stations are a unique model for studying the problems associated with being in a confined space, isolation in a small team group, against the background of extreme fluctuations in the photoperiod and altered atmospheric conditions. It is with such a combined effect of factors that participants in a long space flight to Mars (unless, of course, one takes into account other approaches for ‘overcoming conflicts’, for example, immersion of astronauts into artificial hibernation [12, 37]) and / or the first inhabitants of the colonies on Mars and the Moon may encounter, however fantastic these events may seem now.

In this regard, the studies of sleep, identification of its individual differences and characteristics of changes depending on individual’s ability to adapt to the conditions of existence in a small group can be important, and the manipulation with temperature (environment at the station,

Кроме того, условия на антарктических станциях – уникальная модель для изучения проблем, связанных с пребыванием в замкнутом пространстве, изоляцией в малом коллективе, на фоне экстремальных колебаний фотопериода и измененных атмосферных условий. Именно с подобным комбинированным воздействием факторов могут столкнуться участники длительного космического перелета на Марс (если, конечно, не принимать во внимание другие подходы для «преодоления конфликтов», например, погружение астронавтов в искусственную гравитацию [16, 41]), и/или первые жители колоний на Марсе и Луне, какими бы фантастическими эти события не казались сейчас.

В этой связи изучение сна, выявление его индивидуальных различий и особенностей изменений в зависимости от способности индивидуума адаптироваться к условиям существования в малой группе может иметь важное значение, а манипуляция температурой (окружающей среды на станции, тела и кожи) – дополнительным несветовым стимулом коррекции нарушений сна и циркадного ритма у зимовщиков.

Литература

1. Венцовская ЕА, Шило АВ, Бабийчук ГА. Изменения сна после постоянного и ритмических холодовых воздействий. *Проблемы криобиологии*. 2011; 21(3):251–62.
2. Моїсєєнко ЄВ, Висоцька ЛГ, Пишинов ГЮ. Професіографічні дослідження праці зимовників антарктичної станції «Академік Вернадський». *Актуальные проблемы транспортной медицины*. 2008; (3):103–9.
3. Моїсєєнко ЄВ. Дослідження впливу екологічних факторів Антарктики на здатність людини до адаптації. *Фізіологічний журнал*. 2012; 58(4): 35–43.
4. Шило АВ, Луценко ДГ, Даниленко КН, и др. Методы изучения динамики некоторых показателей качества сна у антарктических зимовщиков. *Український Антарктичний Журнал*. 2017; 16: 188–200.
5. Agnew HW, Webb WB, Williams RL. The first night effect: an EEG study of sleep. *Psychophysiology*. 1966; 2:263–6.
6. Aktaş Ş, Mirasouğlu B, Yumbul AS, Çotuk B. Medical consultancy of the first Turkish Antarctic research expedition 2016. *Istanbul Tıp Fakültesi Dergisi Cilt*. 2016; 79(4): 153–6.
7. Anderson PJ, Wiste HJ, Ostby SA, et al. Sleep disordered breathing and acute mountain sickness in workers rapidly transported to the South Pole (2835 m). *Respir Physiol Neurobiol*. 2015; 210:38–43.
8. Arendt J, Middleton B. Human seasonal and circadian studies in Antarctica (Halley, 75°S). *Gen Comp Endocrinol*. 2018; 258: 250–8.
9. Arendt J. Biological rhythms during residence in Polar Regions. *Chronobiology International*. 2012; 29(4): 379–94.
10. Bhargava R, Mukerji S, Sachdeva U. Psychological impact of the Antarctic winter on Indian expeditioners. *Environ Behav*. 2000; 32(1): 111–27.
11. Bhattacharyya M, Majumdar D. Melatonin rhythm and sleep pattern in Antarctica. [Internet]. In: Twenty Fourth Indian Antarctic Expedition 2003–2005. Ministry of Earth Sciences, Technical Publication № 22. p. 327–37. [cited 2019 Feb 3]. Available from: <http://14.139.119.23:8080/dspace/bitstream/123456789/965/1/RRChapter-23A.pdf>

body and skin) an additional non-photoc stimulus to correct sleep disturbances and circadian rhythm in the winterers.

References

1. Agnew HW, Webb WB, Williams RL. The first night effect: an EEG study of sleep. *Psychophysiology*. 1966; 2:263–6.
2. Aktaş Ş, Mirasouğlu B, Yumbul AS, Çotuk B. Medical consultancy of the first Turkish Antarctic research expedition 2016. *Istanbul Tıp Fakültesi Dergisi Cilt*. 2016; 79(4): 153–6.
3. Anderson PJ, Wiste HJ, Ostby SA, et al. Sleep disordered breathing and acute mountain sickness in workers rapidly transported to the South Pole (2835 m). *Respir Physiol Neurobiol*. 2015; 210:38–43.
4. Arendt J, Middleton B. Human seasonal and circadian studies in Antarctica (Halley, 75°S). *Gen Comp Endocrinol*. 2018; 258: 250–8.
5. Arendt J. Biological rhythms during residence in Polar Regions. *Chronobiology International*. 2012; 29(4): 379–94.
6. Bhargava R, Mukerji S, Sachdeva U. Psychological impact of the Antarctic winter on Indian expeditioners. *Environ Behav*. 2000; 32(1): 111–27.
7. Bhattacharyya M, Majumdar D. Melatonin rhythm and sleep pattern in Antarctica. [Internet]. In: Twenty Fourth Indian Antarctic Expedition 2003–2005. Ministry of Earth Sciences, Technical Publication № 22. p. 327–37. [cited 2019 Feb 3]. Available from: <http://14.139.119.23:8080/dspace/bitstream/123456789/965/1/RRChapter-23A.pdf>
8. Bhattacharyya M, Pal MS, Sharma YK, Majumdar D. Changes in sleep patterns during prolonged stays in Antarctica. *Int J Biometeorol*. 2008; 52(8): 869–79.
9. Borbély AA, Daan S, Wirz-Justice A, Deboer T. The two-process model of sleep regulation: a reappraisal. *J Sleep Res*. 2016; 25(2): 131–43.
10. Brazaitis M, Eimantas N, Daniuseviciute L, et al. Two Strategies for Response to 14°C Cold-Water Immersion: Is there a Difference in the Response of Motor, Cognitive, Immune and Stress Markers? *PLoS One* [Internet]. 2014 Oct 2 [cited 2019 Feb 09]; 9(10): e109020. Available from: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0109020>
11. Buguet A, Rivoli J, Jouvet M. Human sleep patterns in Antarctica. *Sleep*. 1987; 10(4): 374–82.
12. Cerri M, Tinganelli W, Negrini M, et al. Hibernation for space travel: Impact on radioprotection. *Life Sci Space Res*. 2016; 11: 1–9.
13. Chen N, Wu Q, Xiong Y, et al. Circadian rhythm and sleep during prolonged antarctic residence at chinese Zhongshan station. *Wilderness Environ Med*. 2016; 27(4): 458–67.
14. Collet G, Mairesse O, Cortoos A, et al. Altitude and seasonality impact on sleep in Antarctica. *Aerosp Med Hum Perform*. 2015; 86(4):392–6.
15. Cook FA. Through the first Antarctic night. 1898–1899. A narrative of the voyage of the “Belgica” among newly discovered lands and over unknown sea about the South Pole. New York: Doubleday, Page and Company; 1909. 478 p.
16. Corbett RW, Middleton B, Arendt J. An hour of bright white light in the early morning improves performance and advances sleep and circadian phase during the Antarctic winter. *Neurosci Lett*. 2012; 525(2):146–51.
17. Dijk DJ, Archer SN. Light, sleep, and circadian rhythms: together again. *PLoS Biol* [Internet]. 2009 Jun 23 [cited



- Antarctic Expedition 2003-2005. Ministry of Earth Sciences, Technical Publication № 22. p. 327–37. [cited 2019 Feb 3]. Available from: <http://14.139.119.23:8080/dspace/bitstream/123456789/965/1/RRChapter-23A.pdf>
12. Bhattacharyya M, Pal MS, Sharma YK, Majumdar D. Changes in sleep patterns during prolonged stays in Antarctica. *Int J Biometeorol*. 2008; 52(8): 869–79.
 13. Borbély AA, Daan S, Wirz-Justice A, Deboer T. The two-process model of sleep regulation: a reappraisal. *J Sleep Res*. 2016; 25(2): 131–43.
 14. Brazaitis M, Eimantas N, Daniuseviciute L, et al. Two Strategies for Response to 14°C Cold-Water Immersion: Is there a Difference in the Response of Motor, Cognitive, Immune and Stress Markers? *PLoS One* [Internet]. 2014 Oct 2 [cited 2019 Feb 09]; 9(10): e109020. Available from: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0109020>
 15. Buguet A, Rivolier J, Jouvet M. Human sleep patterns in Antarctica. *Sleep*. 1987; 10(4): 374–82.
 16. Cerri M, Tinganelli W, Negrini M, et al. Hibernation for space travel: Impact on radioprotection. *Life Sci Space Res*. 2016; 11: 1–9.
 17. Chen N, Wu Q, Xiong Y, et al. Circadian rhythm and sleep during prolonged antarctic residence at chinese Zhongshan station. *Wilderness Environ Med*. 2016; 27(4): 458–67.
 18. Collet G, Mairesse O, Cortoos A, et al. Altitude and seasonality impact on sleep in Antarctica. *Aerosp Med Hum Perform*. 2015; 86(4):392–6.
 19. Cook FA. Through the first Antarctic night. 1898-1899. A narrative of the voyage of the “Belgica” among newly discovered lands and over unknown sea about the South Pole. New York: Doubleday, Page and Company; 1909. 478 p.
 20. Corbett RW, Middleton B, Arendt J. An hour of bright white light in the early morning improves performance and advances sleep and circadian phase during the Antarctic winter. *Neurosci Lett*. 2012; 525(2):146–51.
 21. Dijk DJ, Archer SN. Light, sleep, and circadian rhythms: together again. *PLoS Biol* [Internet]. 2009 Jun 23 [cited 2019 Feb 06]; 7(6): e1000145. Available from: <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1000145>
 22. Farrace S, Ferrara M, De Angelis C, et al. Reduced sympathetic outflow and adrenal secretory activity during a 40-day stay in the Antarctic. *Int J Psychophysiol*. 2003; 49(1):17–27.
 23. Fogel SM, Smith CT, Higginson CD, Beninger RJ. Different types of avoidance behavior rats post-training changes sleep. *Physiology & Behavior*. 2011; 102(2):170–4.
 24. Folgueira A, Simonelli G, Plano S, et al. Sleep, napping and alertness during an overwintering mission at Belgrano II Argentine Antarctic station. *Scientific Reports* [Internet]. 2019 Jul 26 [cited 28 Jul 2019]; 9:10875. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-46900-7>
 25. Francis G, Bishop L, Luke C, et al. Sleep during the Antarctic winter: preliminary observations on changing the spectral composition of artificial light. *J Sleep Res*. 2008; 17(3):354–60.
 26. Gander PH, Macdonald JA, Montgomery JC, Paulin MG. Adaptation of sleep and circadian rhythms to the Antarctic summer: a question of zeitgeber strength. *Aviat Space Environ Med*. 1991; 62(11): 1019–25.
 27. Goulet G, Mongrain V, Desrosiers C, et al. Daily light exposure in morning-type and evening-type individuals. *J Biol Rhythms*. 2007; 22(2): 151–8.
 28. Harinath K, Malhotra AS, Pal K, et al. Autonomic nervous system and adrenal responses to cold in man at Antarctica. *Wilderness Environ Med*. 2005; 16: 81–91.
 29. Harris A, Marquis P, Eriksen HR, et al. Diurnal rhythm in British Antarctic personnel. *Rural Remote Health* [Internet]. 2010 Jun18 [cited 2018 Oct 30]; 10(2): 1351. Available from: www.rrh.org.au/journal/article/1351
 30. Juda M, Vetter C, Roenneberg T. Chronotype modulates sleep duration, sleep quality, and social jet lag in shift-workers. *J Biol Rhythms*. 2013;28(2):141–51.
 31. Farrace S, Ferrara M, De Angelis C, et al. Reduced sympathetic outflow and adrenal secretory activity during a 40-day stay in the Antarctic. *Int J Psychophysiol*. 2003; 49(1):17–27.
 32. Fogel SM, Smith CT, Higginson CD, Beninger RJ. Different types of avoidance behavior rats post-training changes sleep. *Physiology & Behavior*. 2011; 102(2):170–4.
 33. Folgueira A, Simonelli G, Plano S, et al. Sleep, napping and alertness during an overwintering mission at Belgrano II Argentine Antarctic station. *Scientific Reports* [Internet]. 2019 Jul 26 [cited 28 Jul 2019]; 9:10875. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-46900-7>
 34. Francis G, Bishop L, Luke C, et al. Sleep during the Antarctic winter: preliminary observations on changing the spectral composition of artificial light. *J Sleep Res*. 2008; 17(3):354–60.
 35. Gander PH, Macdonald JA, Montgomery JC, Paulin MG. Adaptation of sleep and circadian rhythms to the Antarctic summer: a question of zeitgeber strength. *Aviat Space Environ Med*. 1991; 62(11): 1019–25.
 36. Goulet G, Mongrain V, Desrosiers C, et al. Daily light exposure in morning-type and evening-type individuals. *J Biol Rhythms*. 2007; 22(2): 151–8.
 37. Harinath K, Malhotra AS, Pal K, et al. Autonomic nervous system and adrenal responses to cold in man at Antarctica. *Wilderness Environ Med*. 2005; 16: 81–91.
 38. Harris A, Marquis P, Eriksen HR, et al. Diurnal rhythm in British Antarctic personnel. *Rural Remote Health* [Internet]. 2010 Jun18 [cited 2018 Oct 30]; 10(2): 1351. Available from: www.rrh.org.au/journal/article/1351
 39. Juda M, Vetter C, Roenneberg T. Chronotype modulates sleep duration, sleep quality, and social jet lag in shift-workers. *J Biol Rhythms*. 2013;28(2):141–51.
 40. LeBlanc J, Ducharme MB, Pasto L, Thompson M. Response to thermal stress and personality. *Physiol Behav*. 2003; 80(1): 69–74.
 41. LeBlanc J, Ducharme MB, Thompson M. Study on the correlation of the autonomic nervous system responses to a stressor of high discomfort with personality traits. *Physiol Behav*. 2004; 82(4): 647–52.
 42. LeBlanc J, Dulac S, Côté J, Girard B. Autonomic nervous system and adaptation to cold in man. *J Appl Physiol*. 1975; 39(2): 181–6.
 43. Lowden A, Lemos NAM, Gonçalves BSB, et al. Delayed sleep in winter related to natural daylight exposure among arctic day workers. *Clocks & Sleep*. 2018;1(1): 105–16.
 44. Lutsenko DG, Danylenko KM, Shylo OV, et al. Two types of autonomic regulation of heart rhythm in human during the overwintering in the Antarctica. In: *The natural environment of Antarctica: ecological problems and nature protection*. Proc. of 3rd International scientific conference (Sept. 17–19, 2018, Minsk, Belarus). Minsk; 2018. p. 34–9.
 45. Mairesse O, Macdonald-Nethercott E, Neu D, et al. Preparing for Mars: human sleep and performance during a 13 month stay in Antarctica. *Sleep* [Internet]. 2019 [cited 2019 Jan 20]; 42(1): zsy206 Available from: <https://academic.oup.com/sleep/article/42/1/zsy206/5164099>
 46. Mäkinen TM, Mäntysaari M, Pääkkönen T, et al. Autonomic nervous function during whole-body cold exposure before

31. Khandelwal SK, Bhatia A, Mishra AK. Psychological adaptation of Indian expeditioners during prolonged residence in Antarctica. *Indian J Psychiatry*. 2017; 59(3): 313–9.
32. Kryger M, Roth T, Dement W, editors. *Principles and Practice of Sleep Medicine*, 5th edn. London: Elsevier Saunders; 2011. 1723 p.
33. Leach J. Psychological factors in exceptional, extreme and torturous environments. *Extrem Physiol Med*. 2016; 5(7): 1–15.
34. LeBlanc J, Ducharme MB, Pasto L, Thompson M. Response to thermal stress and personality. *Physiol Behav*. 2003; 80(1): 69–74.
35. LeBlanc J, Ducharme MB, Thompson M. Study on the correlation of the autonomic nervous system responses to a stressor of high discomfort with personality traits. *Physiol Behav*. 2004; 82(4): 647–52.
36. LeBlanc J, Dulac S, Côté J, Girard B. Autonomic nervous system and adaptation to cold in man. *J Appl Physiol*. 1975; 39(2): 181–6.
37. Lowden A, Lemos NAM, Gonçalves BSB, et al. Delayed sleep in winter related to natural daylight exposure among arctic day workers. *Clocks & Sleep*. 2018;1(1): 105–16.
38. Lutsenko DG, Danylenko KM, Shylo OV, et al. Two types of autonomic regulation of heart rhythm in human during the overwintering in the Antarctica. In: *The natural environment of Antarctica: ecological problems and nature protection. Proc. of 3rd International scientific conference* (Sept. 17–19, 2018, Minsk, Belarus). Minsk; 2018. p. 34–9.
39. Mairesse O, Macdonald-Nethercott E, Neu D, et al. Preparing for Mars: human sleep and performance during a 13 month stay in Antarctica. *Sleep* [Internet]. 2019 [cited 2019 Jan 20]; 42(1): zsy206 Available from: <https://academic.oup.com/sleep/article/42/1/zsy206/5164099>
40. Mäkinen TM, Mäntysaari M, Pääkkönen T, et al. Autonomic nervous function during whole-body cold exposure before and after cold acclimation. *Aviat space environ med*. 2008;79(9): 875–82.
41. Malatesta M, Biggiogera M, Zancanaro C. Hypometabolic induced state: a potential tool in biomedicine and space exploration. *Rev Environ Sci Biotechnol*. 2007; 6(1–3): 47–60.
42. Moiseyenko YV, Sukhorukov VI, Pyshnov GYu, et al. Antarctica challenges the new horizons in predictive, preventive, personalized medicine: preliminary results and attractive hypotheses for multi-disciplinary prospective studies in the Ukrainian “Akademik Vernadsky” station. *The EPMA Journal* [Internet]. 2016 May 31 [cited 2018 Dec 20]; 7: 11. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1186%2Fs13167-016-0060-8>.
43. Mottram V, Middleton B, Williams P, Arendt J. The impact of bright artificial white and ‘blue-enriched’ light on sleep and circadian phase during the polar winter. *J Sleep Res*. 2011; 20(1, Pt 2): 154–61.
44. Najjar RP, Wolf L, Taillard J, et al. Chronic artificial blue-enriched white light is an effective countermeasure to delayed circadian phase and neurobehavioral decrements. *PLoS One* [Internet]. 2014 Jul 29 [cited 2018 Dec 20]; 9(7): e102827. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0102827>
45. Natani K, Shurley JT, Pierce CM, Brooks RE. Long-term changes in sleep patterns in men on the South Polar Plateau. *Arch Intern Med*. 1970; 125(4): 655–9.
46. Palinkas LA, Johnson JC, Boster JS, et al. Cross-cultural differences in psychosocial adaptation to isolated and confined environments. *Aviat Space Environ Med*. 2004; 75: 973–80.
47. Palinkas LA, Suedfeld P. Psychological effects of polar expeditions. *Lancet*. 2008; 371(9607): 153–63.
48. Paterson RAH. Seasonal reduction of slow-wave sleep at an Antarctic coastal station. *Lancet*. 1975;305(7904):468–9.
49. Pattyn N, Mairesse O, Cortoos A, et al. Sleep during an Antarctic summer expedition: new light on “polar insomnia”. *J Appl Physiol*. 2017; 122(4): 788–94.
50. Pattyn N, Van Puyvelde M, Fernandez-Tellez H, et al. From the midnight sun to the longest night: Sleep in Antarctica. *Sleep Med Rev*. 2018; 37: 159–72.
51. Premkumar M, Sable T, Dhanwal D, Dewan R. Circadian levels of serum melatonin and cortisol in relation to changes in mood, sleep, and neurocognitive performance, spanning a year of residence in Antarctica. *Neurosci J* [Internet]. 2013 [cited 2018 Dec 20]; 2013: 254090. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/neuroscience/2013/254090/>
52. Rissanen S, Rintamäki H, Hassi J, et al. Individual difference in cold acclimatization of fingers. In: Lotens WA, Havenith G, editors. *Proceedings of 5th Int. Conf. on Environmental Ergonomics*, Maastricht, The Netherlands, Nov 2–6, 1992. Maastricht; 1992. p. 62–3.
53. Rush AJ, Gullion CM, Basco MR, et al. The inventory of depressive symptomatology (IDS): psychometric properties. *Psychol Med*. 1996; 26(3): 477–86.
54. Sandal GM, van de Vijver FJR, Smith N. Psychological hibernation in Antarctica. *Front Psychol* [Internet]. 2018 Nov 20 [cited 2018 Dec 10]; 9:2235. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.02235/full>
55. and after cold acclimation. *Aviat space environ med*. 2008; 79(9): 875–82.



51. Paul MA, Love RJ, Hawton A, et al. Light treatment improves sleep quality and negative affectiveness in high arctic residents during winter. *Photochem Photobiol.* 2015; 91(3): 567–73.
52. Premkumar M, Sable T, Dhanwal D, Dewan R. Circadian levels of serum melatonin and cortisol in relation to changes in mood, sleep, and neurocognitive performance, spanning a year of residence in Antarctica. *Neurosci J [Internet]*. 2013 [cited 2018 Dec 20]; 2013: 254090. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/neuroscience/2013/254090/>
53. Rissanen S, Rintamäki H, Hassi J, et al. Individual difference in cold acclimatization of fingers. In: Lotens WA, Havenith G, editors. *Proceedings of 5th Int. Conf. on Environmental Ergonomics*, Maastricht, The Netherlands, Nov 2–6, 1992. Maastricht; 1992. p. 62–3.
54. Rush AJ, Gullion CM, Basco MR, et al. The inventory of depressive symptomatology (IDS): psychometric properties. *Psychol Med.* 1996; 26(3): 477–86.
55. Sandal GM, van de Vijver FJR, Smith N. Psychological hibernation in Antarctica. *Front Psychol [Internet]*. 2018 Nov 20 [cited 2018 Dec 10]; 9:2235. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.02235/full>
56. Shattock MJ, Tipton MJ. 'Autonomic Conflict': a different way to die during cold water immersion? *J Physiol.* 2012; 590(14): 3219–30.
57. Stadelmann K, Latshang TD, Tarokh L, et al. Sleep respiratory disturbances and arousals at moderate altitude have overlapping electroencephalogram spectral signatures. *J Sleep Res.* 2014; 23(4):463–8.
58. Steinach M, Kohlberg E, Maggioni MA, et al. Sleep quality changes during overwintering at the German Antarctic stations Neumayer II and III: the gender factor. *PLoS ONE.* 2016 Feb 26 [cited 2018 Dec 20]; 11(2):e0150099. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0150099>
59. Takagi T. [Longitudinal study on circadian rhythms of plasma hormone levels during Japanese Antarctic Research Expedition]. *Hokkaido Igaku Zasshi.* 1986; 61(1): 121–33. Japanese.
60. Tellez HF, Mairesse O, Macdonald-Nethercott E, et al. Sleep-related periodic breathing does not acclimatize to chronic hypobaric hypoxia: a 1-year study at high altitude in Antarctica. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014;190(1):114–6.
61. Usui A, Obinata I, Ishizuka Y, et al. Seasonal changes in human sleep-wake rhythm in Antarctica and Japan. *Psychiatry Clin Neurosci.* 2000; 54(3):361–2.
62. Van Someren EJ. Mechanisms and functions of coupling between sleep and temperature rhythms. *Prog Brain Res.* 2006; 153:309–24.
63. Vermeulen LP. Small-group behaviour in long-term isolation. *South African Journal of Sociology.* 1977; 15:35–40.
64. Vitale JA, Bjoerkesett E, Campana A, et al. Chronotype and response to training during the polar night: a pilot study. *Int J Circumpolar Health [Internet]*. 2017 May 19 [cited 2018 Dec 20]; 76(1):1320919. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/22423982.2017.1320919>
65. Vyazovskiy VV, Walton ME, Peirson SN, Bannerman DM. Sleep homeostasis, habits and habituation. *Curr Opin Neurobiol.* 2017; 44:202–11.
66. Weymouth W, Steel GD. Sleep patterns during an antarctic field expedition. *Mil Med.* 2013; 178(4): 438–44.
67. Wood J, Hysong SJ, Lugg DJ, Harm DL. Is it really so bad? A comparison of positive and negative experiences in Antarctic winter stations. *Environ Behav.* 2000; 32(1): 84–110.
68. Yoneyama S, Hashimoto S, Honma K. Seasonal changes of human circadian rhythms in Antarctica. *Am J Physiol.* 1999; 277(4): R1091–R1097.
69. Zakharenko LP, Petrovskii DV, Putilov AA. Larks, owls, swifts, and woodcocks among fruit flies: differential responses of four heritable chronotypes to long and hot summer days. *Nat Sci Sleep.* 2018; 21(10): 181–91.
70. Zimmer M, Cabral JCCR, Borges FC, et al. Psychological changes arising from an Antarctic stay: Systematic overview. *Estudos de Psicologia.* 2013; 30(3): 415–23.
54. Shattock MJ, Tipton MJ. 'Autonomic Conflict': a different way to die during cold water immersion? *J Physiol.* 2012; 590(14): 3219–30.
55. Shylo OV, Lutsenko DG, Danylenko KM, et al. [Methods of studying the dynamics of some sleep quality indexes in antarctic winterers.] *Ukrainian Antarctic Journal.* 2017; 16: 188–200. Russian.
56. Stadelmann K, Latshang TD, Tarokh L, et al. Sleep respiratory disturbances and arousals at moderate altitude have overlapping electroencephalogram spectral signatures. *J Sleep Res.* 2014; 23(4):463–8.
57. Steinach M, Kohlberg E, Maggioni MA, et al. Sleep quality changes during overwintering at the German Antarctic stations Neumayer II and III: the gender factor. *PLoS ONE.* 2016 Feb 26 [cited 2018 Dec 20]; 11(2):e0150099. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0150099>
58. Takagi T. [Longitudinal study on circadian rhythms of plasma hormone levels during Japanese Antarctic Research Expedition]. *Hokkaido Igaku Zasshi.* 1986; 61(1): 121–33. Japanese.
59. Tellez HF, Mairesse O, Macdonald-Nethercott E, Neyt X, Meeusen R, Pattyn N. Sleep-related periodic breathing does not acclimatize to chronic hypobaric hypoxia: a 1-year study at high altitude in Antarctica. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014;190(1):114–6.
60. Usui A, Obinata I, Ishizuka Y, et al. Seasonal changes in human sleep-wake rhythm in Antarctica and Japan. *Psychiatry Clin Neurosci.* 2000; 54(3):361–2.
61. Van Someren EJ. Mechanisms and functions of coupling between sleep and temperature rhythms. *Prog Brain Res.* 2006; 153:309–24.
62. Ventskovska OA, Shylo OV, Babychuk GA. Changes of sleep after long-term and rhythmic cold exposures. *Problems of Cryobiology.* 2011; 21(3):251–62.
63. Vermeulen LP. Small-group behaviour in long-term isolation. *South African Journal of Sociology.* 1977; 15:35–40.
64. Vitale JA, Bjoerkesett E, Campana A, et al. Chronotype and response to training during the polar night: a pilot study. *Int J Circumpolar Health [Internet]*. 2017 May 19 [cited 2018 Dec 20]; 76(1):1320919. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/22423982.2017.1320919>
65. Vyazovskiy VV, Walton ME, Peirson SN, Bannerman DM. Sleep homeostasis, habits and habituation. *Curr Opin Neurobiol.* 2017; 44:202–11.
66. Weymouth W, Steel GD. Sleep patterns during an antarctic field expedition. *Mil Med.* 2013; 178(4): 438–44.
67. Wood J, Hysong SJ, Lugg DJ, Harm DL. Is it really so bad? A comparison of positive and negative experiences in Antarctic winter stations. *Environ Behav.* 2000; 32(1): 84–110.
68. Yoneyama S, Hashimoto S, Honma K. Seasonal changes of human circadian rhythms in Antarctica. *Am J Physiol.* 1999; 277(4): R1091–R1097.
69. Zakharenko LP, Petrovskii DV, Putilov AA. Larks, owls, swifts, and woodcocks among fruit flies: differential responses of four heritable chronotypes to long and hot summer days. *Nat Sci Sleep.* 2018; 21(10): 181–91.
70. Zimmer M, Cabral JCCR, Borges FC, et al. Psychological changes arising from an Antarctic stay: Systematic overview. *Estudos de Psicologia.* 2013; 30(3): 415–23.

